

Koefisien Perpindahan Massa pada Ekstraksi Aspal Buton dari Kabungka dan Bau-Bau dengan Pelarut n-Heksan

Suryo Purwono, Bardi Murachman, Dyah Tri Yulianti dan Suwati

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta., Telp./Fax : 0274-879518,
e-mail : tkftugm@indosat.net.id

Abstract

Butonion natural asphalt can be used for binder in road construction after its impurities were removed by extraction using suitable solvent. Researches on extraction of Butonion asphalt have been done. However, most of them are explorative research.

This experiment tried to find mass transfer coefficient for Butonion asphalt extraction. The mass transfer coefficient will be used in extraction tower design.

In this experiment, multi-stage cross-current extraction was used using n-hexane as a solvent. The number of stages was seven. Bitumen obtained was then distilled to separate the n-hexane. The operation variables were : size of solid, rotation and extraction time.

The relationship of the mass transfer coefficient with other variables can be written as:

$$\left[\frac{kl.D_t}{D} \right] = K \left[\frac{\rho_{solv} D_t v}{\mu_{solv}} \right]^a \left[\frac{V}{D_t^3} \right]^b \left[\frac{D_p}{D_t} \right]^c \left[\frac{B}{D_t^3 \rho_{solv}} \right]^d \left[\frac{g D_t^3 (\rho_b - \rho_l)}{\mu_l D} \right]^e$$

The constant values of Kabungka asphalt are : $K=6.43558 \times 10^{11}$, $a=0.141569$, $b=0.2825804$, $c=1.76857$, $d=-1.381755$, $e=1.636537 \times 10^{-2}$; those of Bau-Bau asphalt are : $K=6.3 \times 10^{11}$, $a=0.0891$, $b=0.28258$, $c=1.7699$, $d=-1.3821$

Keywords : extraction, mass transfer, Butonion asphalt

1. Pendahuluan

Aspalten merupakan hasil kondensasi akhir pada reaksi oksidasi minyak yaitu menurut reaksi sebagai berikut:

Minyak → Resin → Aspalten

Perbandingan aspalten, resin dan konstituen minyak dalam aspal berpengaruh terhadap sifat-sifat fisis aspal seperti *softening point*, daktilitas, penetrasi dan berat jenis. Pada pembuatan aspal, kadar aspalten yang tinggi dan konstituen minyak yang rendah berarti reaksi telah berjalan jauh ke kanan, yang akibatnya, aspal akan mempunyai sifat penetrasi rendah, daktilitas rendah, *softening point* dan berat jenis yang tinggi. Sebaliknya, jika kadar minyak yang tinggi dan aspalten yang

rendah menunjukkan reaksi belum jauh ke kanan dan produk aspalnya akan mempunyai sifat yang berlawanan dengan sifat-sifat diatas (Gruse and Stevens, 1958; Purdy, 1958; Speight, 1980).

Produk aspal dapat dijumpai dalam berbagai macam bentuk antara lain asphalt block, blown or oxidized asphalt, cathalitically blown asphalt, asphalt cement, cutback asphalt, emulsified asphalt, asphalt join sealer dan lain-lain.

Sumber aspal alam Indonesia antara lain aspal Buton di Sulawesi Tenggara. Aspal ini belum banyak dimanfaatkan karena:

1. Kandungan aspalnya hanya sekitar 5 – 25 %, dan kandungan lain adalah bahan pengotor

berupa pasir, tanah dan batu kapur (Kirk and Othmer, 1985)

2. Sifat fisis asbuton dan beton asbuton untuk jalan masih heterogen dan belum memenuhi persyaratan standar kualitas.
3. Biaya transportasi yang relatif mahal.

Kandungan bitumen asbuton bervariasi cukup besar untuk luasan lebar 25 km panjang 75 km dan kedalaman sekitar 30 m yaitu antara 10–70%, dengan bagian terbesar mengandung kurang dari 35%

Pemisahan aspal dari pengotornya dapat dilakukan dengan cara mekanis, pemanasan / termis dan ekstraksi dengan pelarut yang sesuai. Pemisahan bitumen secara mekanis dapat dilakukan dengan alat fluidisasi atau dengan siklon. Dengan cara ini tidak dapat dihasilkan aspal murni namun berupa aspal yang masih mengandung tanah/*fuller*. Produk aspal-tanah tersebut disebut sebagai aspal *epure* yang sekarang banyak diteliti. Keuntungan cara ini adalah bitumen yang diperoleh mempunyai karakteristik yang masih murni, belum terpengaruh oleh perubahan panas maupun penambahan solven. Cara pemanasan tidak banyak dipakai karena terdapat beberapa kendala antara lain : untuk memisahkan aspal dari kotorannya diperlukan energi yang cukup besar dan apabila pemanasan terlalu tinggi maka aspal akan menjadi kokas.

Aris (1997) membandingkan sifat-sifat fisis aspal hasil ekstraksi aspal Buton Kabungka A dan Kabungka B yang diekstraksi dengan pelarut carbon tetraklorida dan pelarut naphta. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa sifat ekstrak aspal Buton Kabungka A dan Kabungka B yang diekstraksi menggunakan CCl_4 memiliki sifat penetrasi rendah, daktilitas rendah dan titik lembek tinggi, sedangkan yang menggunakan naphta mempunyai sifat sebaliknya. Nielsen dkk. (1994), telah mempelajari pengaruh temperatur dan tekanan pada distribusi ukuran partikel aspalten dalam minyak mentah yang dilarutkan dengan n-pentana. Percobaan dilakukan pada temperatur 0 sampai 150°C dan tekanan 0 sampai 5,6 MPa. Hasilnya menunjukkan bahwa ukuran partikel

aspalten bertambah dengan naiknya tekanan dan berkurang dengan naiknya suhu. Novia (2001) sudah melakukan penelitian ekstraksi aspal Buton, tetapi hasilnya belum begitu menggembirakan, karena perolehannya (*recovery*) masih rendah. Hal ini disebabkan oleh tingginya viskositas dari aspal sehingga menghambat proses pemungutan aspal apabila dilakukan secara berlawanan arah. Untuk itu pada penelitian ini dicoba dengan cara *cross current*, dimana solven segar diumpungkan pada masing-masing batch sehingga dapat diperoleh hasil pemungutan yang lebih baik.

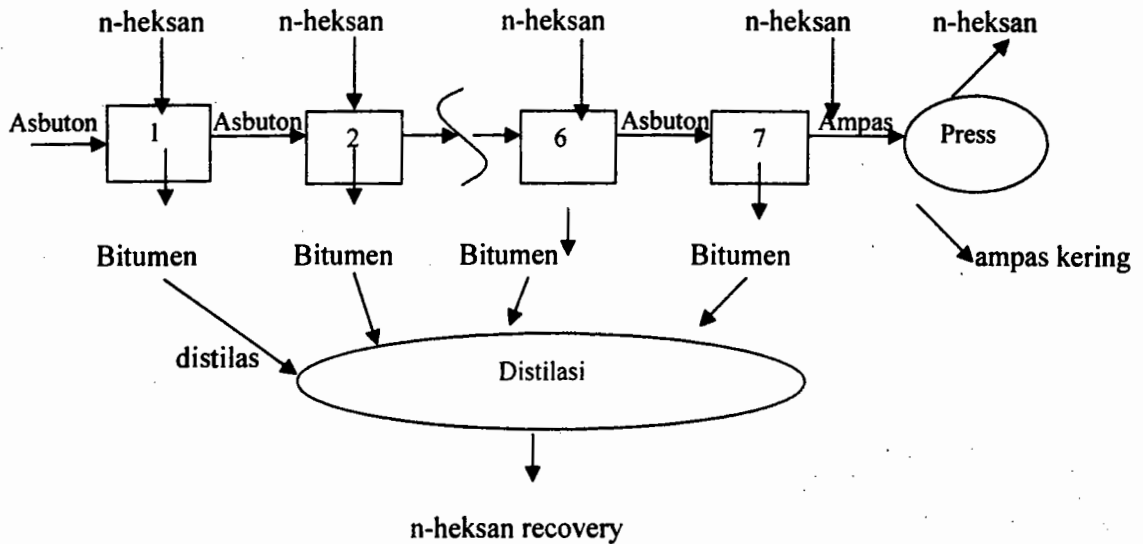
Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh ukuran butir, waktu ekstraksi, dan kecepatan putar pengaduk terhadap koefisien transfer massa pada proses ekstraksi *multistage cross current* aspal Kabungka dengan solven n-heksan. Variabel-variabel yang ditinjau dalam penelitian ini adalah waktu ekstraksi, ukuran butiran batuan aspal dan kecepatan pengadukan.
2. Mencari hubungan bilangan-bilangan tak berdimensi yang berpengaruh pada proses transfer massa tersebut.

Pada penelitian ini dipilih cara ekstraksi *multi-stage cross-current* karena kadar aspal yang dihasilkan bisa lebih banyak daripada *single-stage*. Pelarut yang digunakan adalah n-heksan.

N-heksan dengan rumus molekul C_6H_{14} termasuk komponen type n-parafin yang dapat diperoleh dari minyak mentah dengan jalan fraksinasi khusus produk gasoline. Bahan ini mudah menguap dan mempunyai suhu didih rendah sekitar 64 °C. N-heksan relatif tidak beracun, mempunyai kemampuan mengekstraksi cukup baik, mudah dipisahkan kembali dari bahan yang dilarutkan dan harganya tidak terlalu mahal, namun mempunyai kelemahan mudah terbakar.

Dalam ekstraksi terjadi dua fase yaitu fase ekstrak berupa larutan yang terdiri dari solven dan aspal, dan fase rafinat berupa *slurry* yang terdiri dari padatan inert, solven dan sisa solut. Adapun proses ekstraksinya dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Proses ekstraksi aspal Buton tujuh tingkat

2. Fundamental

Dalam penelitian ini dipakai cara ekstraksi *multistage cross current* dengan variasi waktu ekstraksi, ukuran butiran batuan aspal Buton, dan kecepatan pengadukan.

Analisis neraca massa:

$R \text{ of input} - R \text{ of output} = R \text{ of accumulation}$

$$0 - 0 + kl \cdot As \cdot (Cs - C) = \frac{d(V \cdot C)}{dt} \quad (1)$$

$$kl \cdot As \cdot (Cs - C) = V \frac{dC}{dt} \quad (2)$$

$$\frac{kl \cdot As}{V} dt = \frac{dC}{(Cs - C)} \quad (3)$$

Jika persamaan (3) diintegralkan dari $t = 0$ dan $C = 0$ sampai $t = t$ dan $C = C_c$, maka akan didapat:

$$\ln \frac{Cs}{(Cs - C_c)} = kl \cdot a \cdot t \quad (4)$$

Persamaan (4) merupakan persamaan linier dengan *slope* ($kl \cdot As / V$). Dengan memasukkan data yang ada maka nilai kl dapat diperoleh.

Analisis model dengan bilangan tak berdimensi

Variabel-variabel yang diperkirakan berpengaruh terhadap koefisien perpindahan massa

sistem aspal Kabungka – n-heksan adalah sebagai berikut: $V, v, B, D, D_p, D_t, \rho_a, \rho_b, \rho_s, \mu_s, \mu_l, g$

Pengaruh dari variabel-variabel berikut di atas dapat dinyatakan dalam persamaan kelompok bilangan tak berdimensi sebagai berikut:

$$kl = f(v, V, B, D_p, D_t, D, \rho_{solv}, (\rho_b - \rho_l), \mu_{solv}, \mu_l, g) \quad (5)$$

$$1 = K kl^a v^b V^c B^d D_p^e D_t^f D^g \rho_{solv}^h (\rho_b - \rho_l)^i \mu_{solv}^j \mu_l^k g^l \quad (6)$$

dengan menggunakan sistem MLT, dan Setelah diselesaikan dengan teorema Π Buckingham, diperoleh:

$$\left[\frac{kl \cdot D_t}{D} \right] = K [A]^a [B]^b [C]^c [D]^d [E]^e \quad (7)$$

dimana :

$$[A] = \left[\frac{\rho_{solv} D_t v}{\mu_{solv}} \right]$$

$$[B] = \left[\frac{V}{D_t^3} \right]$$

$$[C] = \left[\frac{D_p}{D_t} \right]$$

$$[D] = \left[\frac{B}{D_t^3 \rho_{\text{solv}}} \right]$$

$$[E] = \left[\frac{g D_t^3 (\rho_b - \rho_l)}{\mu_l D} \right]$$

3. Metodologi

Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah:

a. N- Heksan

Adapun sifat fisis dari n-heksan adalah :

Rumus molekul : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$

Berat molekul : 86,17

Specific gravity : 0.659^{20/4°C}

Viscosity : 6.62×10^{-4} g/cm.detik

Melting point : -94 °C

Daerah didih ASTM : 64-68 °C

Kenampakan : Cairan tak berwarna

b. Batuan Buton

Sebelum digunakan batuan buton yang berbentuk bongkahan dipecah dan diambil yang berukuran -9+20, -20+30, -30+60. Tabel 1 menunjukkan kandungan mineral dari batuan aspal Buton.

Tabel 1. Kandungan mineral asbuton

No.	Mineral	Kadar Rerata (%)
1.	CaCO_3	83,4
2.	MgCO_3	2,1
3.	CaSO_4	1,45
4.	CaS	0,25
5.	Kristal	1,75
6.	SiO_2	7,75
7.	Al_2O_3	2,5
8.	Sisa	0,91

Percobaan

Batuan buton ditumbuk dan diayak untuk mendapatkan ukuran tertentu. Pada percobaan ini diambil ukuran -9+20 mesh, -20+30 mesh dan 30+60 mesh.

Mula-mula batuan buton dengan ukuran tertentu (-9+20 mesh, -20+30 mesh atau -30+60 mesh) diambil sebanyak 50 gram dan dimasukkan dalam labu leher tiga lalu ditambah dengan n-heksan sebanyak 100 ml. Campuran ini kemudian diaduk dengan motor pengaduk dalam waktu tertentu (variasi waktu yang diambil : 20, 30, 40, 50, 60 menit) dan kecepatan putaran tertentu (variasi kecepatan putaran yang diambil : 135 m/menit, 245 m/menit dan 365 m/menit).

Setelah diaduk, larutan didiamkan selama 10 menit agar terbentuk dua fase. Bitumen yang terambil diukur volumenya. Selanjutnya dilakukan ekstraksi sebanyak 6 kali lagi dengan jumlah n-heksan yang digunakan masing-masing sebanyak 75 ml dan setiap akhir ekstraksi larutan didiamkan selama 10 menit, serta diukur berapa bitumennya.

Bitumen yang terambil dari 7 kali ekstraksi tersebut kemudian didistilasi untuk memisahkan aspal dan n-heksan. Ampas aspal kemudian dipress agar n-heksan yang masih tersisa dapat terambil. Jumlah n-heksan hasil distilasi dan pengepresan adalah n-heksan recovery. Selanjutnya aspal yang diperoleh ditimbang beratnya sehingga dapat dihitung kadarnya.

4. Hasil dan Pembahasan

Variasi ukuran butir

Penelitian dilakukan pada kecepatan pengadukan tetap 245 m/menit dengan variasi waktu dan ukuran butir. Dari referensi didapat nilai $C_s = 0,0218$ g/mL, sehingga nilai $(C_s - C_c)$ dapat dihitung dan nilai $\ln \frac{C_s}{C_s - C_c}$ dari aspal

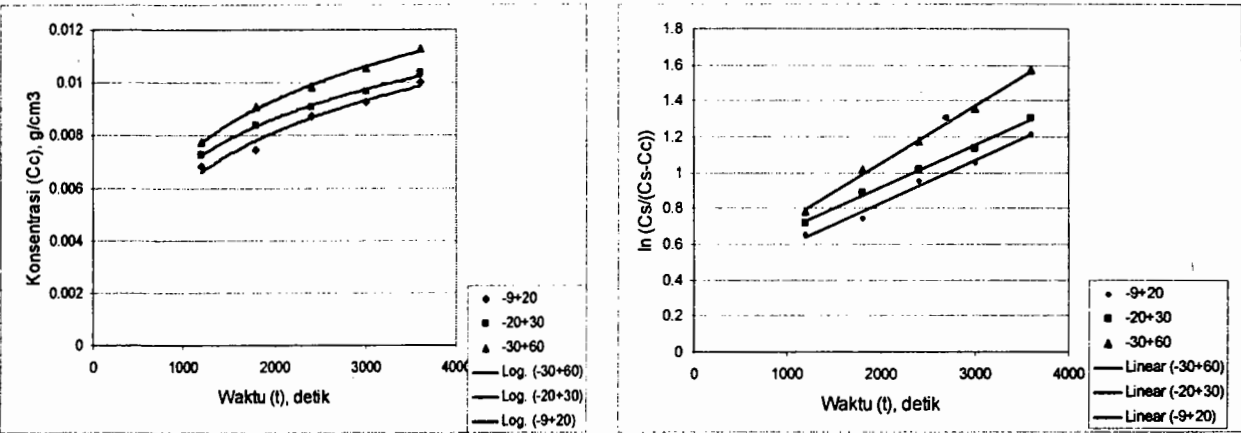
Buton yang diambil pada ukuran tertentu dapat diperoleh dan disajikan seperti dalam tabel berikut:

Tabel 2. Hubungan antara mesh dengan diameter aspal

No.	Mesh	Diameter (cm)
1.	- 9 + 20	0,1425
2.	- 20 + 30	0,0725
3.	- 30 + 60	0,0425

Tabel 3. Hubungan antara waktu dengan kadar aspal

No.	Waktu, detik	Kadar Aspal yang diperoleh Cc, g/cm ³					
		- 9 + 20		- 20 + 30		- 30 + 60	
		Kabungka	Bau-Bau	Kabungka	Bau-Bau	Kabungka	Bau-Bau
1.	1200	0,0160	0,006818	0,0164	0,007273	0,0165	0,007728
2.	1800	0,0165	0,007454	0,0167	0,008364	0,0171	0,009091
3.	2400	0,0171	0,008727	0,0175	0,009091	0,0178	0,009819
4.	3000	0,0176	0,009272	0,0180	0,009636	0,0184	0,010546
5.	3600	0,0180	0,01	0,0184	0,010363	0,0187	0,011273



Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi larutan hasil ekstraksi dengan waktu ekstraksi dan hubungan antara ln (Cs/(Cs-Cc)) dengan waktu ekstraksi untuk aspal Kabungka

Tabel 4. Hubungan antara waktu ekstraksi dengan harga ln Cs/(Cs-Cc)

No.	Waktu, detik	ln Cs/(Cs-Cc)					
		- 9 + 20		- 20 + 30		- 30 + 60	
		Kabungka	Bau-Bau	Kabungka	Bau-Bau	Kabungka	Bau-Bau
1.	1200	1,3179	0,65304	1,3821	0,71643	1,4158	0,784119
2.	1800	1,4158	0,74296	1,4507	0,88730	1,5243	1,019948
3.	2400	1,5243	0,95143	1,6038	1,01995	1,6902	1,172917
4.	3000	1,6461	1,05605	1,7364	1,13213	1,8356	1,353587
5.	3600	1,7364	1,21512	1,8356	1,30527	1,9458	1,574258

Tabel 5. Hubungan antara diameter aspal dengan kl

No.	Diameter, cm	kl, cm/det	
		Kabungka	Bau-Bau
1	0,1425	2,3179x10 ⁻⁵	4,0756E-06
2	0,0725	1,0540x10 ⁻⁵	3,9037E-06
3	0,0425	5,6680x10 ⁻⁶	3,2099E-06

Tabel 6. Hubungan antara N Re, (V/Dt³), (Dp/Dt), (B/Dt³ρ_s), N She, N Ar.

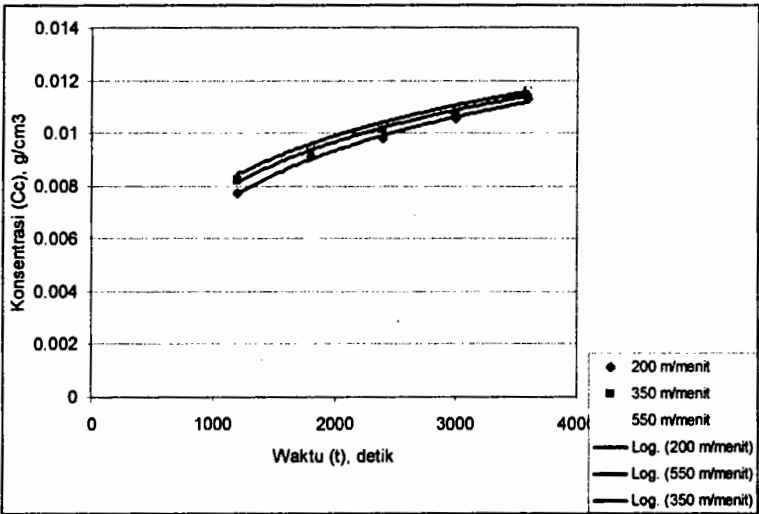
Re	V/Dt ³	Dp/Dt	B/Dt ³ ρ _s	She	Ar
Kabungka					
701938.5127	68,75	0,07125	9444,9945	9,9224x10 ⁵	2,0354x10 ¹⁵
701938.5127	68,75	0,03625	9444,9945	2,2956x10 ⁵	2,2402x10 ¹⁵
701938.5127	68,75	0,02125	9444,9945	7,2365x10 ⁴	2,5840x10 ¹⁵
Bau-Bau					
665306.4	68,75	0,07125	9444,9945	1,743968	2,15431
665306.4	68,75	0,03625	9444,9945	0,849853	2,21683
665306.4	68,75	0,02125	9444,9945	0,409647	2,47520

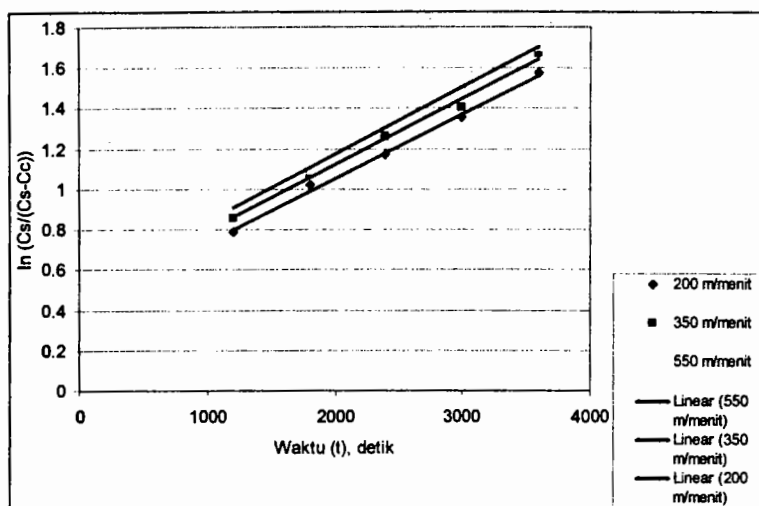
Tabel 7. Hubungan antara waktu pengadukan dengan kadar aspal

No.	Waktu, detik	Kadar Aspal yang diperoleh Cc, g/cm3					
		200 rpm		350 rpm		550 rpm	
		Kabungka	Bau-Bau	Kabungka	Bau-Bau	Kabungka	Bau-Bau
1.	1200	0,0156	0,007727	0,0160	0,008182	0,0173	0,00854
2.	1800	0,0164	0,009091	0,0165	0,009364	0,0182	0,00945
3.	2400	0,0167	0,009828	0,0171	0,010182	0,0185	0,01036
4.	3000	0,0173	0,010545	0,0176	0,010727	0,0189	0,01109
5.	3600	0,0176	0,011273	0,0180	0,011545	0,0195	0,01163

Tabel 8. Hubungan antara kecepatan pengadukan dengan kl

No.	rpm	kl, cm/det	
		Kabungka	Bau-Bau
1	200	1,6196x10 ⁻⁵	3,2099E-06
2	350	1,8039x10 ⁻⁵	3,2857E-06
3	550	2,5634x10 ⁻⁵	3,3461E-06





Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi larutan hasil ekstraksi dengan waktu hubungan antara $\ln (Cs/(Cs-Cc))$ dengan waktu ekstraksi untuk aspal Kabungka

Tabel 9. Hubungan antara N_{Re} , (V/Dt^3) , (Dp/Dt) , $(B/Dt^3 \rho_{solv})$, N_{She} , dan N_{Ar} .

Re	V/Dt^3	Dp/Dt	$B/Dt^3 \rho_{solv}$	$She \times 10^{-5}$	$Ar \times 10^{-16}$
Kabungka					
386782,4773	68,75	0,07125	9444,9945	$6,9333 \times 10^5$	$3,6902 \times 10^{15}$
701938,5127	68,75	0,07125	9444,9945	$7,7221 \times 10^5$	$3,4416 \times 10^{15}$
1045745,159	68,75	0,07125	9444,9945	$1,0973 \times 10^6$	$3,0007 \times 10^{15}$
Bau-Bau					
665306,4184	68,75	0,02125	9444,9945	0,4096474	0,860424
1164286,232	68,75	0,02125	9444,9945	0,4717441	0,848693
1829593,615	68,75	0,02125	9444,9945	0,5005431	0,821047

Dari Tabel 4 terlihat bahwa hubungan antara $\ln(Cs/(Cs-Cc))$ dengan t merupakan garis lurus dengan slope $kl.As/V$. Harga kl dapat ditentukan dari persamaan diatas.

Dari Tabel 5 terlihat bahwa semakin besar diameter aspal yang digunakan dalam proses ekstraksi maka nilai koefisien perpindahan massanya akan semakin besar. Hal ini berlawanan dengan teori yang ada dimana pada umumnya nilai koefisien transfer massa akan semakin besar apabila diameter partikel semakin kecil yang disebabkan karena semakin kecil diameter padatan maka proses difusi akan berjalan semakin cepat seperti terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hubungan antara diameter padatan dengan diffusivitas

No.	Diameter (cm)	Diffusivitas ($cm^2/detik$)
1.	0,1425	$4,67199 \times 10^{-11}$
2.	0,0725	$9,18287 \times 10^{-11}$
3.	0,0425	$1,56649 \times 10^{-10}$

Ketidak sesuaian dengan teori ini mungkin disebabkan oleh struktur aspalten yang unik yang terdiri dari atom karbon, hidrogen, sulfur, oksigen dan nitrogen, dimana secara operasional aspalten diartikan sebagai fraksi non-volatil dan polar dalam fraksi minyak mentah yang terendapkan dalam alkana ringan seperti pentana,

heksana atau heptana (Auflem, 2002). Hal tersebut kemungkinan akan mempengaruhi proses difusi atau adsorpsi solven pada permukaan butiran. Ada dua macam adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Dalam adsorpsi fisika yang terjadi adalah interaksi van der Waals dan energi adsorpsi pada rentangan 5-10 kJ/mol. Interaksi ini jauh lebih lemah daripada jenis ikatan kimia, ikatan kimia molekul teradsorpsi tetap utuh. Interaksi Van der Waals antara molekul teradsorpsi tidak jauh berbeda dengan interaksi van der Waals antara molekul dan permukaan padatan. Dengan alasan ini, molekul teradsorpsi berlapis banyak dapat terjadi. Pada adsorpsi kimia, energi adsorpsi setara dengan energi ikatan kimia. Molekul teradsorpsi mungkin tetap utuh atau mengalami disosiasi (Stolze, 1998).

Disamping itu adanya unsur logam didalam aspal juga akan berpengaruh terhadap proses difusi. Informasi tentang adanya unsur-unsur tersebut di atas sangat penting karena menurut Hiemenz (Trisunaryanti, dkk., 2003) adanya deposit Ni dan khususnya V yang terbentuk di dalam pori dapat menghambat difusi molekul reaktan, yang akhirnya menutup jalan untuk proses ekstraksi. Tabel 11 memperlihatkan jumlah kandungan logam dalam aspal Buton

Tabel 11. Kandungan logam fraksi aspalten dari aspal Buton (Trisunaryanti, dkk., 2003)

	Kandungan, (% berat)
Nikel, Ni	0,0181
Besi, Fe	0,0190
Vanadium, V	0,0125
Sulfur, S	6,1400

Variasi kecepatan pengadukan

Penelitian dilakukan pada ukuran butir tetap - 9 + 20 mesh dengan variasi waktu dan kecepatan pengadukan. Dengan cara yang sama nilai kl dapat dihitung.

Dari Tabel 8 terlihat bahwa semakin besar kecepatan pengadukan dalam proses ekstraksi

maka harga koefisien perpindahan massanya akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar kecepatan pengadukan maka partikel semakin sering mengalami tumbukan sehingga kecepatan perpindahan massa per satuan luas per satuan waktu lebih besar. Menurut Hardjono (2005), diperkirakan aspalten terdiri dari gugus-gugus hidrokarbon aromatik kompleks yang dihubungkan dengan gugus hidrokarbon, atom belerang dan oksigen. Aspalene berkarakter memiliki cincin aromatisitas yang menyatu, rantai samping alifatis kecil dan elemen lain seperti sulfur, oksigen, nitrogen, dan logam seperti vanadium dan nikel. Heteroatom menerangkan berbagai gugus polar seperti aldehida, karbonil, asam karboksilat, dan amida yang terdapat dalam molekul-molekul aspalten. Kandungan karbon aromatis pada rentangan 40 - 60 %, dengan rasio H/C 1,0 - 1,2. Jumlah cincin karbon aromatik dalam struktur molekul aspalten cukup besar, cincin karbon aromatik tersebut terhubungkan satu sama lain sehingga molekul aspalten berbentuk *flat* atau planar. Berdasarkan hal tersebut dengan semakin besarnya tumbukan maka molekul yang kompleks akan lebih mudah untuk diekstraksi

Persamaan nilai transfer massa

Untuk mendapatkan harga-harga K, a, b, c, d, dan e dari persamaan bilangan tak berdimensi maka harga dari Tabel 6 dan 9 dimasukkan kedalam program regresi polinomial multi dimensi maka diperoleh:

$$\left[\frac{kl.D_t}{D} \right] = K[A]^a[B]^b[C]^c[D]^d[E]^e$$

dimana :

$$[A] = \left[\frac{\rho_{\text{solv}} D_t v}{\mu_{\text{solv}}} \right]$$

$$[B] = \left[\frac{V}{D_t^3} \right]$$

$$[C] = \left[\frac{D_p}{D_t} \right]$$

$$[D] = \left[\frac{B}{D_t^3 \rho_{\text{solv}}} \right]$$

$$[E] = \left[\frac{g D_t^3 (\rho_b - \rho_l)}{\mu_l D} \right]$$

Nilai koefisien untuk aspal Kabungka adalah

$$\begin{aligned} K &= 6,43558 \times 10^{11} \\ a &= 0,141569 \\ b &= 0,2825804 \\ c &= 1,768576 \\ d &= -1,381755 \\ e &= 1,636537 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

dan untuk aspal Bau-Bau

$$\begin{aligned} K &= 6,3 \times 10^{11} \\ a &= 0,0891 \\ b &= 0,28258 \\ c &= 1,7699 \\ d &= -1,3821 \\ e &= 0,015365 \end{aligned}$$

Persamaan ini berlaku untuk kisaran :

$$\begin{aligned} N_{\text{She}} &= 7,2365 \times 10^4 - 1,0973 \times 10^6 \\ N_{\text{Re}} &= 386782,5 - 1045745,2 \\ V/Dt^3 &= 68,75 \\ Dp/Dt &= 0,02125 - 0,07125 \\ B/Dt^3 \rho_s &= 9444,995 \\ N_{\text{Ar}} &= 2,0354 \times 10^{15} - 3,6902 \times 10^{15} \end{aligned}$$

Dengan kesalahan relatif rata-rata sebesar = 14,7 %.

Hubungan antara bilangan Sherwood dengan bilangan Reynolds ditunjukkan pada daftar 9. Dari daftar tersebut, ternyata semakin besar bilangan Reynolds nya, maka nilai koefisien perpindahan massanya menjadi meningkat.

Perbandingan dengan penelitian lain

Apabila penelitian ini dibandingkan dengan penelitian yang lain seperti pada penelitian dari Mc. Cune dan Wilhelm serta Hobson dan Thodos (Wakao dan Kaguei, 1982) serta penelitian dari Novia 2001, tentang hubungan antara bilangan

Sherwood dan bilangan Reynolds dapat dilihat bahwa kecenderungan dari penelitian ini sudah benar walaupun nilai pangkat bilangan Reynolds nya lebih kecil. Pangkat bilangan Reynolds untuk Mc Cune dan Wilhelm serta Hobson dan Thodos adalah 0,6 sementara penelitian Novia menunjukkan pangkat bilangan Reynolds sebesar 0,4823. Disamping itu kisaran dari bilangan Sherwood dari peneliti sebelumnya juga lebih rendah, yaitu antara 10^2 sampai 10^4 .

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Koefisien perpindahan massa semakin besar dengan bertambah besarnya ukuran butir aspal.
2. Koefisien perpindahan massa semakin besar dengan bertambah besarnya kecepatan pengadukan.

Ucapan terima kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Laboratorium Teknologi Minyak Bumi, Jurusan Teknik Kimia FT-UGM atas semua sarana dan prasarana yang diberikan sehingga penelitian ini dapat selesai.

Daftar Lambang

As	= luas bidang transfer massa, cm^2
B	= berat aspal, g
Cs	= konsentrasi jenuh, g/cm^3
Cc	= kons. larutan pada saat tertentu, g/cm^3
D	= difusivitas padat-cair, cm^2/det
Dp	= diameter aspal, cm
Dt	= diameter pengaduk, cm
g	= kecepatan gravitasi, cm/det^2
kl	= koef. perpindahan massa, cm/det
N_{Re}	= bilangan Reynold
N_{Ar}	= bilangan Archimedes
N_{She}	= bilangan Sherwood
t	= waktu, detik
V	= volume pelarut, cm^3
v	= kecepatan pengadukan, cm/det

- ρ_b = bulk density, g/cm³
 ρ_l = densitas larutan, g/cm³
 ρ_{solv} = densitas solven, g/cm³
 μ_{solv} = viskositas solven, g/cm/det
 μ_l = viskositas larutan, g/cm/det

Daftar Pustaka

- Abraham, H., 1965, *Asphalt and Allied Substituent*, 6 ed., vol.6, pp.83-89, D. Von Nortrond Company, Princeton.
- Aris, S., 1977, Membandingkan Sifat-sifat Ekstrak Aspal Buton Kabungka A dan B, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Asphalt Institute, 1989, *The Asphalt Handbook*, manual series-4, pp.47,53-57, Asphalt Institute, Kentucky, USA.
- Auflem, I. H., 2002, *Influence of Asphaltene Aggregation and Pressure on Crude Oil Emulsion Stability*, Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Brown, G.G., 1950, *Unit Operations*, pp. 277-282, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Gruse, W.A. and Stevens, D.R., 1960, *Chemical Technology of Petroleum*, 3 ed., pp. 580-583, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Hardjono, 1985, Teknologi Minyak Bumi, hal. 82-86, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1955, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3 ed., vol.12, pp. 284-295, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- McNamara, R.G., 1980, *Asbuton Development Study*, pp. 5-7, Cameron McNamara Consultants, Brisbane, Australia.
- Nielsen, B.B., Svreek, W.Y., and Mehrotra, A.K., 1994, Effect of Temperature and Pressure on Asphaltene Particles Size Distributions in Crude Oils Diluted with n-Pentane, *Ind.Eng.Chem.Res.*, 33, 1324 – 1330.
- Novia, 2001, Perpindahan Massa pada Ekstraksi Aspal Buton dengan Metode Continuous Countercurrent, Universitas Gadjah Mada.
- Purdy, G.A., 1958, *Petroleum Prehistoric to Petrochemical*, Copy Clark Publishing Company, Toronto.
- Speight, J.G., 1980, *The Chemistry and Technology of Petroleum*, Marcell Dekker, Inc., New York and Bassel.
- Stolze, P., 1998, *Introduction to Heterogeneous Catalysis Concepts and Calculations*, Department of Physics, Technical University of Denmark.
- Superpave, 1997, *Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing*, Superpave Series no.1, pp. 1-10, Asphalt Institute, Lexington, Kentucky.
- Trisunaryanti, W., Triyono, Purwono, S., Mudasir, Amiruddin, Nomura, M., Miura, M., Satoh, T., Kidena, K., 2003, Preparation and Characterization Ni, Mo, Cr Metal Catalyst and Their Modification Using γ -alumina as a Support for Hydrocracking of Asphaltene Fraction of Butonian Asphalt, *The 39th IUPAC Congress and 86th Confrence of The Canadian Society for Chemistry*, Ottawa-Canada.